

Переключение поляризации, кинетика доменной структуры и формирование дендритных доменов в монокристаллах ниобата лития и танталата лития

М.А. Чувакова, А.Р. Ахматханов, Е.Д. Савельев, А.А. Есин, Д.С. Чезганов,
М.С. Небогатилов, М.С. Кособоков, А.И. Лобов, В.Я. Шур

*Институт естественных наук и математики, Уральский федеральный университет, 620000
Екатеринбург, Россия
e-mail: M.A.Chuvakova@urfu.ru*

Монокристаллы ниобата лития (LiNbO_3 , LN) и танталата лития (LiTaO_3 , LT) с регулярными доменными структурами (ДС) рассматриваются в качестве основных нелинейно-оптических материалов [1, 2] для преобразователей частоты когерентного излучения. Известно, что для эффективного преобразования частоты света необходимо создавать регулярные ДС с воспроизводимостью периода около 20 нм [3]. Необходимость такой высокой точности требует глубоких знаний о кинетике доменов в монокристаллах LN и LT [4]. Объемное экранирование, являющееся единственной возможностью компенсации остаточного деполяризующего поля и стабилизации метастабильных ДС, в значительной степени определяет кинетику ДС [5]. Поэтому изучение особенностей влияния объемного экранирования на эволюцию ДС имеет решающее значение для создания монокристаллов LN и LT с регулярной ДС для нелинейно-оптических применений. Последнее время для увеличения эффективности и мощности преобразования частоты особое внимание уделяется созданию регулярных ДС в LT конгруэнтного состава, легированном 8 мол.% MgO (MgOCLT) и в LT с составом близким к стехиометрическому, легированном 1 мол.% MgO (MgOSLT) [6]. Однако, кинетика ДС и переключение поляризации в этих материалах слабо изучены.

В работе исследовалась кинетика ДС в монокристаллах NCLT, MgOSLT и MgOCLT. Показано, что кинетика ДС при переключении в NCLT и MgOSLT обусловлена движением макроскопических доменных стенок от края электрода и их слиянием с изолированными доменами, а скачкообразное ускорение переключения в MgOSLT обусловлено слиянием шестиугольных доменов большой площади. Увеличение скорости переключения в MgOCLT в результате циклического переключения обусловлено образованием остаточных изолированных доменов. Значительное уменьшение коэрцитивного поля без изменения формы доменов в результате сильного легирования MgO (MgOCLT), как и при приближении состава к стехиометрическому, обусловлено уменьшением концентрации объемных дефектов.

Исследованное формирование квазирегулярных ансамблей полосовых доменов субмикронной ширины в MgOSLT при переключении поляризации с металлическими электродами отнесено за счет образования при нанесении электрода поверхностного слоя с повышенной концентрацией кислородных вакансий. Показано, что определяющая роль поверхностного слоя проявляется при формировании заряженной доменной стенки в NCLT, покрытого слоем фоторезиста.

Впервые в сегнетоэлектриках обнаружено и изучено формирование дендритных доменов при переключении поляризации в CLN и CLT с поверхностным диэлектрическим слоем при повышенной температуре. Показано, что формирование дендритных доменов обусловлено анизотропным ростом и ветвлением полосовых доменов. Качественное изменение формы доменных стенок обусловлено неэффективным экранированием при наличии диэлектрического слоя, которое увеличивает остаточное деполяризующее поле и неоднородно замедляет уширение полосовых доменов.

МГВГ визуализация домена в объеме (Рис. 2) показала, что дендритная ДС существует в приповерхностных слоях, а в глубине растет домен в форме шестигранной призмы с переходом в трехгранную. На глубине более 5 мкм растет единый домен.

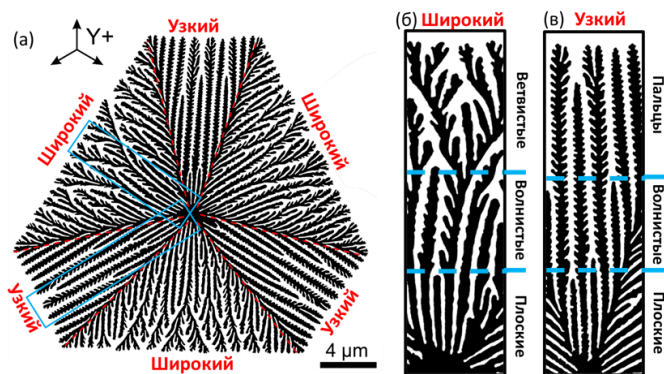


Рисунок 1. (а) СЭМ бинаризованное изображение домена после переключения в поле 8 кВ/мм. (б,в) Увеличенные фрагменты ДС (синий прямоугольник (а)).

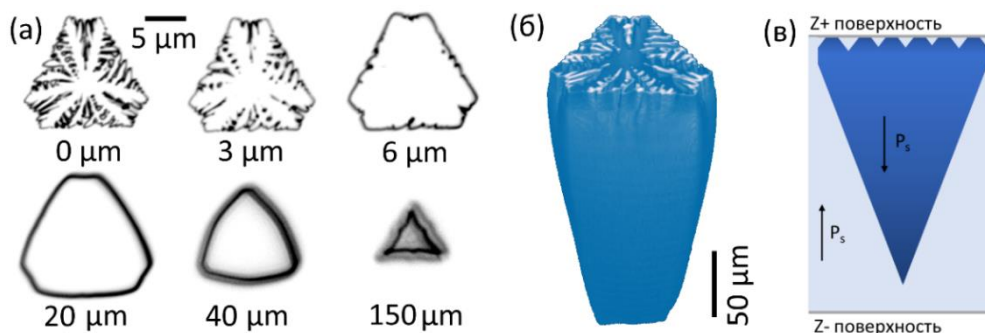


Рисунок 2. МГВГ визуализация дендритной ДС в объеме: (а) срез структуры на разной глубине от Z+ поверхности, (б) трехмерное изображение. (в) Схема домена.

Компьютерное моделирование пространственного распределения поля на поверхности и изменения формы движущейся стенки показало, что существование одиночных выступов или впадин на стенке приводит к формированию чередующихся изменений формы вдоль стенки. При росте параллельных полосовых доменов взаимодействие стенок соседних доменов ограничивает длину выступов на стенках, что позволяет объяснить образование волнистых стенок и квазирегулярных доменных пальцев.

Расчет пространственного распределения полярной компоненты локального поля в объеме показал, что локальное поле увеличивается с глубиной, что приводит к генерации ступеней на стенке и расширению ветвей. Этот факт позволяет объяснить образование дендритной доменной структуры только в приповерхностном слое и слияние ветвей с образованием единого домена на глубине в несколько микрометров.

Выявленные особенности кинетики ДС позволили оптимизировать технологию создания РДС в MgOSLT и MgOCLT для изменения длины волны методом генерации второй гармоники с использованием эффекта фазового квази-синхронизма. При непрерывной генерации без резонатора получена выходная мощность 15 Вт.

В работе использовалось оборудование Уральского центра коллективного пользования “Современные Нанотехнологии” УрФУ. Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда (грант 19-12-00210).

1. J.A. Armstrong, N. Bloembergen, J. Ducuing, P.S. Pershan, *Phys. Rev.* **127**, 1918 (1962).
2. D.S. Hum, M.M. Fejer, *Comptes Rendus Phys.* **8**, 180 (2007).
3. M.M. Fejer, G.A. Magel, D.H. Jundt, R.L. Byer, *IEEE J. Quantum Electron.* **28**, 2631 (1992).
4. V.Ya. Shur, *Ferroelectrics* **399**, 97 (2010).
5. V.Ya. Shur, *J. Mater. Sci.* **41**, 199 (2006).
6. V.Ya. Shur, A.R. Akhmatkhanov, I.S. Baturin, *Appl. Phys. Rev.* **2**, 1 (2015).